

カラーリーチヒストグラムを用いた色・距離情景内における物体追跡

Object tracking in Color Distance Scene Using Color Reach Histogram

北大 ○和田直史 武口智行 金子俊一 小野里雅彦

要旨

本論文では、カラーリーチヒストグラムに基づく物体探索・追跡手法を提案する。従来の色ヒストグラム法を拡張したカラーリーチヒストグラム法は色情報に加え距離情報を用いることによって複雑色情景中や照明変動が起こった場合においてもロバストに物体を追跡することができる。ここでは実験によりその有効性を示す。

1. はじめに

3次元物体の回転やスケーリング、歪み、遮蔽などにロバストなモデルベースの照合法として色ヒストグラム法に基づく画像照合法 [1] がある。これは比較的単純な特徴量に基づく手法であり高速化も可能であるためロボットビジョンにおける物体追跡手法として有効である。しかし、多様な色のある背景などにおいて誤認識を引き起こしやすく、また照明変動が起こる環境中では非常に不安定である。色のベクトル量子化 [2] を導入して、色情報の分解能を向上するアプローチも提案されているが、本稿では、色情報と距離情報（色配置、実距離データ）を融合させることにより、様々な環境中においてロバストに物体を検出・追跡する技術を考える。具体的にはカラーリーチヒストグラム（Color Reach Histogram: CRH） [3] という新たな評価量を考え、その実用における可能性を実験により示す。

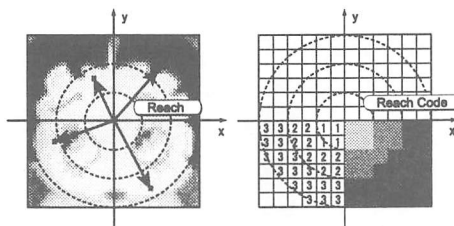


図1: 2次元リーチコードの設定

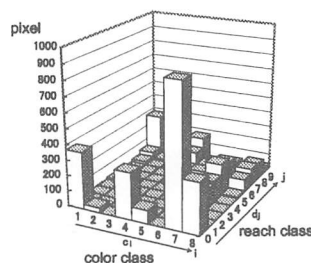


図2: CRH-2D の例 (P=2, Q=8)

2. 2次元カラーリーチヒストグラム

2.1 CRH-2D

2次元画像におけるCRH（以下CRH-2D）は色階級と距離階級から成る。色階級を構成するための表色系としてRGB表色系を用いRGB空間の各軸をP分割しCRHの色階級を c_i ($i = 1, 2, \dots, P^3$) とする。また、画像の中心からの距離を元にQ個の円環領域に分割し、距離階級 d_j ($j = 1, 2, \dots, Q$) となるようなjを定義し、これをリーチコードと呼ぶ。図1では $Q = 3$ としたときの各画素のもつリーチコードの例を示す。

このようにして、図2のような i, j 空間における2次元のCRHを作成し、これを $H = \{h_{ij}\}$ とする。この各要素 h_{ij} は色階級 c_i 、リーチコードjをもつ距離階級 d_j に属する画素数を表すことになる。また、色ヒストグラム的高速化法を適用するため $H_c = \{h_{i0}\}$ として、単純な色ヒストグラムも計算しておく。

2.2 2次元物体探索アルゴリズム

2次元画像における探索アルゴリズムを次に示す。

【アルゴリズム】

[1] モデル画像の取得

モデル画像から $CRHH^m = \{h_{ij}^m\}$ を作成する。

[2] 情景部分画像の切り出し

モデル画像と同じ大きさの部分画像を切り出し、それについても $CRHH = \{h_{ij}\}$ を作成する。ここで、モデルのリーチコードをLUTとして用いることによって情景部分画像内の距離計算は不要となり計算コストを削減できる。

[3] 交差値の計算

2つのCRHの類似度を計る尺度として正規化されたヒストグラム交差値を用いる。

[4] 照合位置の決定

情景画像全体を探索し最も交差値の大きい位置を照合位置とする。

3. 3次元カラーリーチヒストグラム

3.1 CRH-3D

レンジファインダで取得できる奥行き情報と情景内の色（反射率）情報を元に、CRH-2Dをさらに拡張し3次元距離情景内におけるCRH（以下CRH-3D）を作成する。これを用いて様々な実環境上でもロバストに物体探索を行うことを考える。図3のようにxy平面におけるリーチ $d_{xy} = \sqrt{(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2}$ とz軸に関するリーチ $d_z = z - z_c$ を考え、それらを一次元化して3次元の距離階級とする。ここで、xy平面における距離の量子化幅を q_{xy} 、z軸における距離の量子化幅を q_z とする。また、色階級は2次元と同様のものを用いる。

3.2 スケーリングへの対応

2次元画像中ではカメラからの距離によって物体の大きさが異なるため、一定の大きさの探索枠では正確な照合を行うことはできない。そこで3次元距離データにおける探索領域の中心のz座標により探索枠の大きさを可変とすることによってスケーリングに対応した探索を行う。

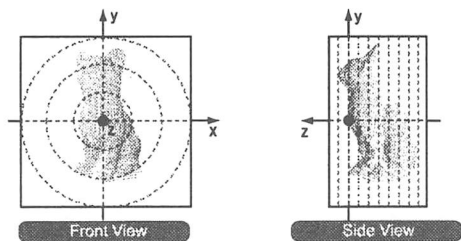


図 3 : 3D リーチの概念図

3.3 照明変化への対応

従来の色ヒストグラム照合における問題として、照明変化が起こる環境中では照合が困難であるということが挙げられる。3次元物体探索においては照明変化にほとんど影響を受けない距離データを有効に利用することにより、照明変化が起こっても安定に照合ができると考える。そこでCRH-3Dでは、距離データのみから作成するリーチヒストグラム H_d というものを考え、形状変化に対してある程度安定である色ヒストグラム H_c と併用することによって、様々な状況に対応可能な照合を行う。また照合に関しては H_c と H_d を用いたそれぞれのヒストグラム交差値 I_c, I_d を算出し、全体の交差値 I を次の式のように定める。

$$I = \alpha I_c + (1 - \alpha) I_d \quad (0 \leq I \leq 1) \quad (1)$$

α は $0 \leq \alpha \leq 1$ の範囲で任意とする。また式からわかるように、 α の値によって色ヒストグラムおよびリーチヒストグラムのどちらの性質に重みを置くかを決定することができる。交差値 I を用いた探索アルゴリズムを次に示す。

【アルゴリズム】

[1] モデル画像の取得

モデル画像から色ヒストグラム H_c^m とリーチヒストグラム H_d^m を作成する。

[2] 情景部分画像の切り出し

モデル画像と同じ大きさの部分画像を切り出し、それについて色ヒストグラム H_c とリーチヒストグラム H_d を作成する。

[3] 交差値の計算

I_c, I_d を求め、 I を計算する。

[4] 照合位置の決定

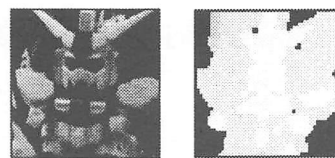
情景画像全体について計算した後、最も I の値の大きかった位置を照合位置とする。

4. 実画像実験

実験では3次元情景中での物体追跡実験を行った。ヒストグラムの分割数、量子化幅については $P = 8, q_{xy} = 5[mm], q_z = 2[mm]$ とした。

4.1 実験

3次元距離データは非接触3次元デジタイザ VIVID300 を用いて取得した。図4をモデルとして登録する。モデル画像は 50×50 pixel、情景画像は 400×400 pixel であり、それぞれ1pixel に対して距離データの一つ決めるものとする。様々な環境においてCRH-3Dを用いて目的物体を追跡した結果を図5(a)~(f)に示す。ここではすべて $\alpha = 0.5$ としている。



色画像 距離画像

図 4 : 登録モデル

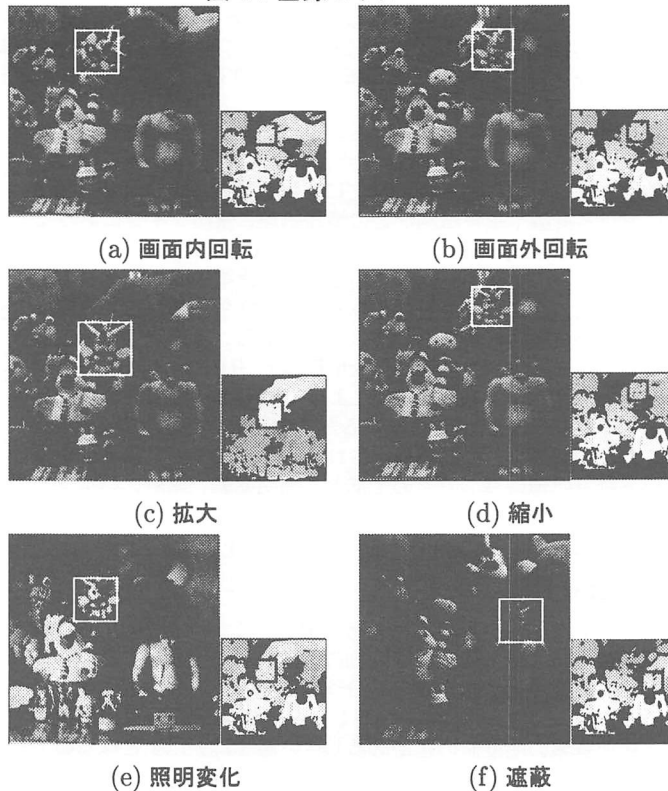


図 5 : 追跡実験

5. まとめ

カラーリーチヒストグラムに基づく照合法を提案した。3次元距離情景内において距離情報と色情報を融合したCRH-3Dを用いることによって、物体の様々な状態に対して安定な照合ができることを実験で示した。今後の課題としては各パラメータの設計と3次元物体追跡の高速化を進めることである。

参考文献

1. M.J.Swain, D.H.Ballard, : "Indexing Via Color Histograms", Proceedings of Image Understanding Workshop, pp.623-630, 1990.
2. 川西隆仁, 村瀬洋 : "色ヒストグラム特徴とパン・チルト・ズームカメラを用いた高速物体探索法 -動的アクティブ探索法-", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-II, No.8, pp.1722-1730, 2001.
3. 和田直史, 武口智行, 金子俊一 : "カラーリーチヒストグラムを用いた2次元および3次元物体探索", PRMU2002-163, pp.103-108.